

MANUFACTURE OF MACROMOLECULAR ACTUATOR

Publication number: JP11235064

Publication date: 1999-08-27

Inventor: AZUMI KINSHI; OGURO KEISUKE; ONISHI KAZUO;
SEWA SHINGO

Applicant: AGENCY IND SCIENCE TECHN; KAGAKU GIJUTSU
SENRYAKU SUISHI

Classification:

- **International:** *H02N11/00; A61M25/01; B25J7/00; B81B3/00;
C23C22/00; F03G7/00; A61M25/01; B25J7/00;
C23C22/00; H02N11/00; A61M25/01; B25J7/00;
B81B3/00; C23C22/00; F03G7/00; A61M25/01;
B25J7/00; C23C22/00; (IPC1-7): H02N11/00*

- **European:**

Application number: JP19980039121 19980220

Priority number(s): JP19980039121 19980220

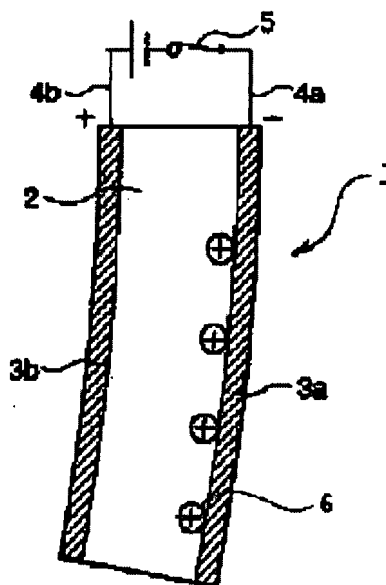
[Report a data error here](#)

Abstract of JP11235064

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a macromolecular actuator element whose displacement is large, by causing an ion exchange resin formation to adsorb a metal complex in an aqueous solution and reducing it, performing cleaning after depositing metal on the surface, and forming a metal electrode.

SOLUTION: To obtain this macromolecular actuator 1, a metal electrode is formed on the surface of an ion exchange resin formation or inside it, by repeating the processes of causing the ion exchange resin formation to adsorb a metal complex in an aqueous solution and reducing the metal complex with a reducing agent, and performing cleaning with a washing after depositing metal on the surface. As the result, the contact area of the ion exchange resin formation with the metal electrode increases, and the active sites of the electrode increase, and ions which transfer to the electrode increase also. And if a potential difference is produced between the surfaces of the ion exchange resin formation in a mutually insulated state, 1 ions 6 move to the cathode side, and water molecules transfer in the films and the quantity of water on the anode side differs from that on the cathode side, so the ion exchange resin formation bends.

Consequently, it becomes possible to obtain a macromolecular actuator quick in response and large in displacement.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-235064

(43)公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 2 N 11/00

H 0 2 N 11/00

Z

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平10-39121

(22)出願日 平成10年(1998) 2月20日

(71)出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関 1 丁目 3 番 1 号

(74)上記 1 名の指定代理人 工業技術院大阪工業技術研究所長 (外 1 名)

(71)出願人 597071652

財団法人 化学技術戦略推進機構

東京都台東区柳橋 2 丁目 22 番 13 号

(74)上記 1 名の代理人 弁理士 鈴木 俊一郎

(72)発明者 安 積 欣 志

大阪府池田市緑丘 1 丁目 8 番 31 号 工業技術院大阪工業技術研究所内

最終頁に続く

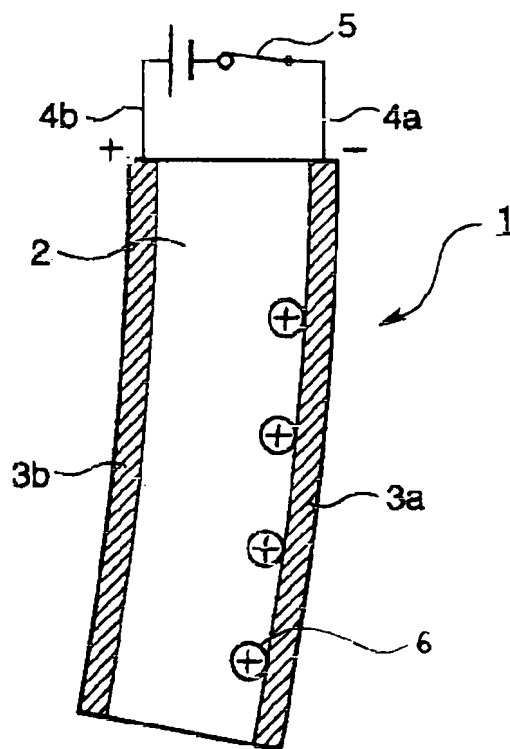
(54)【発明の名称】 高分子アクチュエータの製造方法

(57)【要約】

【課題】 変位が大きく、構造が簡単で、小型化が容易であり、かつ応答が速く、柔軟である高分子アクチュエータの製造方法を提供する。

【解決手段】 イオン交換樹脂成形品と、該イオン交換樹脂成形品の表面に相互に絶縁状態で形成された電極とからなり、該イオン交換樹脂成形品の含水状態において、前記イオン交換樹脂成形品に電位差をかけて、イオン交換樹脂成形品に湾曲および変形を生じさせる高分子アクチュエータを製造する方法であって、下記の工程、すなわち、

- ① イオン交換樹脂成形品に、金属錯体を水溶液中で吸着させる工程(吸着工程)、
- ② イオン交換樹脂成形品に吸着した金属錯体を、還元剤により還元して、前記イオン交換樹脂成形品表面に金属を析出させる工程(析出工程)、
- ③ 金属が析出したイオン交換樹脂成形品を洗浄する工程(洗浄工程)を含み、上記①～③の工程を繰り返すことによりイオン交換樹脂成形品表面またはイオン交換樹脂成形品内部に金属電極を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】イオン交換樹脂成形品と、該イオン交換樹脂成形品の表面に相互に絶縁状態で形成された金属電極とを備え、前記イオン交換樹脂成形品の含水状態において、前記金属電極間に電位差をかけて、イオン交換樹脂成形品に湾曲および変形を生じさせることによりアクチュエータとして機能する高分子アクチュエータを製造する方法であって、下記の工程、すなわち、

- (i)イオン交換樹脂成形品に、金属錯体を水溶液中で吸着させる工程（吸着工程）、
- (ii)イオン交換樹脂成形品に吸着した金属錯体を、還元剤により還元して、前記イオン交換樹脂成形品表面に金属を析出させる工程（析出工程）、
- (iii)金属が析出したイオン交換樹脂成形品を洗浄する工程（洗浄工程）を繰り返し実施することによりイオン交換樹脂成形品表面またはイオン交換樹脂成形品内部まで金属電極を形成することを特徴とする高分子アクチュエータの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の技術分野】本発明は、高分子アクチュエータの製造方法に関し、より詳細にはイオン交換樹脂成形品を湾曲および変形させることによりアクチュエータとして機能する高分子アクチュエータの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】医療機器や産業用ロボット、マイクロマシンなどの分野において小型でかつ軽量で柔軟性に富むアクチュエータの必要性が高まっている。

【0003】このようにアクチュエータを小型化すると慣性力よりも摩擦や粘性力が支配的となるため、モータやエンジンのような慣性力を利用してエネルギーを運動に変える機構は、超小型アクチュエータの動力として用いることは困難であった。このため、超小型アクチュエータの作動原理としては、静電引力型、圧電型、超音波式、形状記憶合金式、高分子伸縮式などが提案されている。

【0004】静電引力型アクチュエータは、電極となる板、棒などを対極に引きつけることによって作動するもので、たとえば数十 μm 離れた対極との間に100V程度の電圧をかけて電極をたわませるものなどが知られている。圧電型アクチュエータは、チタン酸バリウムなどのセラミックの圧電素子に数Vの電圧をかけて素子を伸縮させることによって作動するもので、nm単位の変位を制御できるものが知られている。超音波式アクチュエータは、圧電素子などで発生させた超音波振動と摩擦力とを組合せたり、またはずれを生じさせることによって作動するものである。形状記憶合金式アクチュエータは、形状記憶合金が温度によって形状が大きく変化することを利用して、温度変化によって作動するものである。高分子伸縮式アクチュエータは、高分子が温度ある

いはpHの変化や周囲の化学物質の濃度変化によって伸縮することを利用して作動するものである。

【0005】しかしながら、これらの超小型アクチュエータには、それぞれ作動環境に制限があったり、応答性が不十分であったり、構造が複雑であったり、また柔軟性が欠如しているなどの問題点があった。たとえば、高分子伸縮式アクチュエータを作動させるには、高分子が接触している溶液を他の塩類を含む溶液に交換する必要があり、このため小型で速い応答を必要とする用途には利用困難であった。

【0006】これに対し、小型化が容易であり、応答性が速く、しかも小電力で作動する高分子アクチュエータとして、イオン交換膜とこのイオン交換膜の表面で接合した電極とからなり、イオン交換膜の含水状態においてイオン交換膜に電位差をかけてイオン交換膜に湾曲および変形を生じさせることによりアクチュエータとして機能することができる高分子アクチュエータが提案されている（特開平4-275078号公報参照）。

【0007】この高分子アクチュエータは、イオン交換樹脂膜とその表面に相互に絶縁状態で接合した金属電極とからなり、該イオン交換樹脂膜の含水状態において、金属電極間に電位差をかけることによりイオン交換樹脂成形品に湾曲および変形を生じさせることを特徴としている。

【0008】このような高分子アクチュエータでは、イオン交換樹脂成形品表面に化学めっき、電気めっき、真空蒸着、スパッタリング、塗布、圧着、溶着などの方法によって電極が形成されている。

【0009】たとえば、化学めっきでは、イオン交換膜表面をエッチングしたのち、めっき触媒を担持し、めっき浴に浸漬することによってイオン交換膜表面にめっきを行い電極を形成している。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような高分子アクチュエータは、変位量が充分とはいえなかった。このため、さらに大きな変位量を発生することが可能であり、しかも応答性が良好な高分子アクチュエータの出現が望まれていた。

【0011】本発明は、上記のような従来技術に伴う問題点を解決しようとするものであって、変位量および変位力が大きく、応答が速く、柔軟で、しかも構造が簡単で、小型化が容易なアクチュエータ素子の製造方法を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、前述したような従来技術における課題および目的を達成するために発明されたものであって、本発明に係る高分子アクチュエータの製造方法は、イオン交換樹脂成形品と、該イオン交換樹脂成形品の表面に相互に絶縁状態で形成された金属電極とを備え、イオン交換樹脂成形品の含水状態にお

いて、前記金属電極間に電位差をかけてイオン交換樹脂成形品を湾曲および変形を生じさせることによりアクチュエータとして機能する高分子アクチュエータを製造する方法であって、下記の工程、すなわち、(i)イオン交換樹脂成形品に、金属錯体を水溶液中で吸着させる工程（吸着工程）、(ii)イオン交換樹脂成形品に吸着した金属錯体を、還元剤により還元して、前記イオン交換樹脂成形品表面に金属を析出させる工程（析出工程）、(iii)金属が析出したイオン交換樹脂成形品を洗浄する工程（洗浄工程）を繰り返し実施することによりイオン交換樹脂成形品表面、またはイオン交換樹脂成形品内部まで金属電極を形成することを特徴としている。

【0013】このような構成で金属電極を形成することによって、さらにイオン交換樹脂成形品内部に金属の析出が進み、イオン交換樹脂成形品と金属電極との接触面積がさらに増大する。これにより、電極活性点が増え、電極へ移動するイオンも増加する。このような高分子アクチュエータでは、イオンに伴われて水分子が電極に移動して、移動側の電極近傍で含水率が増大して、成形品が膨潤することによって伸び、一方、移動側と反対側の電極近傍では含水率が低下して収縮する。このため、電極へ移動するイオンが増加すると、このイオンに伴われて電極に移動する水分子が増えるので、電極間での含水率の差がさらに大きくなり、湾曲率、すなわち変位量が大きくなる。また、金属電極の厚みが大きくなるので、電極の表面抵抗が低下して電極の導電性が向上する。

【0014】したがって、本発明の高分子アクチュエータの製造方法で得られた高分子アクチュエータによれば、構造が簡単で、小型化が容易であり、しかも応答が速く、大きな変位量を発生することが可能な高分子アクチュエータを得ることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面に基づいて詳細に説明する。図1および図2は、本発明に係る製造方法で得られる高分子アクチュエータの最適な実施例を示す概略断面図である。この実施例において高分子アクチュエータ1は、細長い矩形平板状のイオン交換樹脂成形品2と、該イオン交換樹脂成形品2の表面に相互に絶縁状態で形成された電極3a、3bとを備えている。そして、イオン交換樹脂成形品2の含水状態において、前記電極間に電位差をかけることにより、イオン交換樹脂成形品を湾曲および変形させるようになっている。

【0016】この電極3a、3bには、一対のリード線4a、4bの一端がそれぞれ電気的に接続されているとともに、この各リード線4a、4bは、電源5に接続されている。

【0017】なお、イオン交換樹脂成形品2としては、上記矩形平板状に限定されるものではなく、膜状、円柱状、円筒状のものなどであってもよい。このようなイ

オン交換樹脂成形品2を構成するイオン交換樹脂としては、陰イオン交換樹脂、陽イオン交換樹脂、両イオン交換樹脂が挙げられる。このうち、陽イオン交換樹脂が、高分子アクチュエータの変位量を大きくすることができるので好適に使用される。

【0018】このような陽イオン交換樹脂としては、ポリエチレン、ポリスチレン、フッ素樹脂などにスルホン酸基、カルボキシル基などの官能基が導入されたものが挙げられ、特に、フッ素樹脂にスルホン酸基、カルボキシル基などの官能基が導入された陽イオン交換樹脂が好ましい。

【0019】また、このような陽イオン交換樹脂は、イオン交換容量が0.8～3.0meq/g、好ましくは1.4～2.0meq/gのものが望ましい。すなわち、このようなイオン交換容量の陽イオン交換樹脂を使用すれば、さらに高分子アクチュエータの変位量を大きくすることができるからである。

【0020】本発明では、使用するイオン交換樹脂成形品の表面を粗化してもよい。膜表面の粗化処理としては、たとえば、サンドブラスト処理、サンドペーパー処理などが挙げられる。表面の粗化の程度は、表面層が削られている程度であればよい。

【0021】このような粗化処理を行うことによって、イオン交換樹脂成形品の表面と、その上に形成される電極との接触面積が増大し、高分子アクチュエータの変位量を大きくすることができる。

【0022】また、本発明では、使用するイオン交換樹脂成形品に、以下のような処理を、単独あるいは組み合わせて施してもよい。

① 水処理

熱水中で、イオン交換樹脂成形品を煮沸する。

【0023】② 塩酸処理

25体積%程度の希塩酸中で、イオン交換樹脂成形品を保持する。

③ NaOH処理

0.1程度の水酸化ナトリウム水溶液中で、イオン交換樹脂成形品を保持する。

【0024】④ アルコール処理

イオン交換樹脂成形品を、メタノール、エタノールなどのアルコール中に浸漬する。

【0025】⑤ オートクレーブ処理

イオン交換樹脂成形品を、オートクレーブ中で、110～150℃で加熱する。

【0026】次に、本発明に係る高分子アクチュエータの製造方法について説明する。本発明に係る高分子アクチュエータの製造方法では、(i)前記イオン交換樹脂成形品に金属錯体を水溶液中で吸着させる工程（吸着工程）、(ii)イオン交換樹脂成形品に吸着した金属錯体を、還元剤により還元して前記イオン交換樹脂成形品表面に金属を析出させる工程（析出工程）、(iii)金属が

析出したイオン交換樹脂成形品を洗浄液で洗浄する工程（洗浄工程）を繰り返し実施することによってイオン交換樹脂成形品表面またはイオン交換樹脂成形品内部に金属電極を形成する。

【0027】この場合、金属錯体としては、金錯体、白金錯体、パラジウム錯体、ロジウム錯体、ルテニウム錯体などの金属錯体を使用することができる。これらのうち、金錯体または白金錯体が好ましく、とくに金錯体が高分子アクチュエータの変位量を大きくすることができるので好ましい。

【0028】これらの金属錯体のイオン交換樹脂成形品への吸着は、イオン交換樹脂成形品を前記金属錯体を含む水溶液に浸漬することによって行われる。また、このような金属錯体の還元は、還元剤を含む水溶液中に、金属錯体が吸着されたイオン交換樹脂成形品を浸漬することによって行われる。

【0029】還元剤としては、使用する金属錯体の種類にもよるが、たとえば亜硫酸ナトリウム、ヒドラジン、水素化ホウ素カリウムなどが使用可能である。また、金属錯体を還元する際に、必要に応じて、酸またはアルカリを添加してもよい。

【0030】本発明では、このようなイオン交換樹脂成形品への金属錯体の吸着工程、析出工程および洗浄工程を繰り返して、イオン交換樹脂成形品表面に金属電極を形成する。この場合、繰り返し回数は、好ましくは1～20回、より好ましくは4～9回である。なお、繰り返し回数とは、イオン交換樹脂成形品に金属錯体の吸着させたのち還元して金属膜を形成したものに、さらに、金属錯体の吸着・還元を行う回数である。この繰り返し回数は、20回以上になると、変位量を増大させる効果を発現しにくくなることがあるので、20回までが好適である。

【0031】本発明のように金属錯体を吸着させたイオン交換樹脂成形品を還元する場合、金属錯体と還元剤との接触によって、イオン交換樹脂成形品の表面から金属の析出が生じ、続いて膜内部の金属錯体が膜表面近傍（析出した金属の方に）に移動して還元されて金属が析出する。すなわち、イオン交換樹脂成形品の表面から内部に向かって金属の結晶成長が進むことになる。したがって、このような金属の析出が、イオン交換樹脂成形品表面だけではなく、表面近くの内部にも析出しているため、イオン交換樹脂成形品と金属電極との接触面積は、従来の化学めっき法に比べて大きくなっている。このため、本発明のような金属錯体の吸着・析出を繰り返すことによって、さらにイオン交換樹脂成形品内部に金属の析出が進み、イオン交換樹脂成形品と金属電極との接触面積がさらに増大する。これにより、電極活性点が増え、電極へ移動するイオンも増加する。

【0032】本発明のような高分子アクチュエータでは、イオンに伴われて水分子が電極に移動するので、移

動側の電極近傍で含水率が高くなり、膨潤して伸びることになり、一方、移動側と反対側の電極近傍では含水率が低下して収縮される。このような、移動するイオンが増加すると、電極間での含水率の差がさらに大きくなるので、湾曲率、すなわち変位量が大きくなる。また、イオン交換樹脂成形品と金属電極との接触面積が大きくなるので、電極の表面抵抗が低下して電極の導電率が向上するため、変位量は大きくなる。したがって、本発明で得られた高分子アクチュエータは、従来の高分子アクチュエータに比べて、素子の変位量が大きくなる。

【0033】このようにして電極が形成されたイオン交換樹脂成形品は、洗浄工程によって析出していない金属錯体および還元剤が除去される。本発明では、洗浄液として水、水酸化ナトリウム水溶液、硫酸水溶液、塩酸水溶液を使用することが好ましい。これらの洗浄液を使用すると、未反応の金属錯体および還元剤の除去を効率よく行うことができる。このとき使用される水酸化ナトリウム水溶液の濃度は、0.01～5.0モル/リットル、好ましくは0.1～1モル/リットルの範囲にあることが望ましい。また硫酸水溶液の濃度は、0.01～6モル/リットル、好ましくは0.1～3モル/リットルの範囲にあることが望ましい。さらに塩酸水溶液の濃度は、0.01～6モル/リットル、好ましくは0.1～3モル/リットルの範囲にあることが望ましい。

【0034】上記のような方法によってイオン交換樹脂成形品表面に金属電極が形成され、本発明に係る高分子アクチュエータは製造されるが、たとえば、使用されるイオン交換樹脂成形品が膜状の場合、形成される電極の厚さは、図2(a)のようにイオン交換樹脂成形品の表面に形成された金属電極の厚さを a_1 とし、金属電極を含めたイオン交換樹脂成形品の厚さを b_1 としたときに、 a_1/b_1 が0.03～0.40、好ましくは0.15～0.30の範囲にあることが望ましい。このような比にあると、変位量が大きく、かつ表面抵抗の低い高分子アクチュエータを得ることができる。

【0035】また、イオン交換樹脂成形品の形状が円筒状である場合、外筒部表面または表面近傍位置に金属電極を形成することができる。このとき形成される金属電極の厚さは、図2(b)のようにイオン交換樹脂成形品の外筒部表面または表面近傍位置に形成された金属電極の厚さを a_2 とし、金属電極を含めた円筒状のイオン交換樹脂成形品の筒状部の厚さを b_2 としたときに、 a_2/b_2 が0.02～0.70、好ましくは0.30～0.50の範囲にあることが望ましい。このような比にあると、変位量が大きく、かつ表面抵抗の低い高分子アクチュエータを得ることができる。

【0036】さらに、イオン交換樹脂成形品の形状が円筒状である場合、内筒部表面または表面近傍位置に金属電極を形成することができる。このとき形成される金属電極の厚さは、図2(c)のようにイオン交換樹脂成形品

の内筒部表面または表面近傍位置に形成された金属電極の厚さを a_3 とし、金属電極を含めたイオン交換樹脂成形品の筒状部の厚さを b_3 としたときに、 a_3/b_3 が0.02~0.70、好ましくは0.30~0.50の範囲にあることが望ましい。このような比にあると、変位量が大きく、かつ表面抵抗の低い高分子アクチュエータを得ることができる。

【0037】さらにまた、イオン交換樹脂成形品の形状が円筒状である場合、外筒部表面または表面近傍位置、および内筒部表面または表面近傍位置に金属電極を形成することもできる。この場合、図2(d)のように金属電極を含めたイオン交換樹脂成形品の筒状部の厚さを b_4 とし、金属電極が形成されていないイオン交換樹脂成形品の筒状部の厚さを C としたときに、 C/b_4 が0.20~0.95、好ましくは0.45~0.70の範囲にあることが望ましい。さらに外筒部表面または表面近傍位置に形成された金属電極の厚さを a_4 とし、内筒部表面または表面近傍位置に形成された金属電極の厚さを a_5 としたときに、 a_4/a_5 が0.05~20.0、好ましくは0.50~2.00の範囲にあることを望ましい。このような比にあると、変位量が大きく、かつ表面抵抗の低い高分子アクチュエータを得ることができる。

【0038】このようにして形成された電極間の絶縁は、成形品が膜状である場合には金属電極が形成されたイオン交換樹脂成形品の端部を切断することによって行うことができる。また、成形品が円筒状または円柱状等である場合には、レーザー光を金属電極が形成されたイオン交換樹脂成形品に照射して金属電極の一部を削って、電極間に絶縁帯を設けることによって、電極間の絶縁を行うことができる。

【0039】さらに、電極形成後のイオン交換樹脂成形品に、前記⑤~⑥のような処理を施してもよい。さらにまた、形成された電極上に、追加の電極層を設けてもよい。追加の電極層は、化学めっき、電気めっき、真空蒸着、スパッタリング、塗布、圧着、溶着などの方法によって形成することができる。このような追加の電極層は、イオン交換樹脂成形品表面またはイオン交換樹脂成形品内部に形成された金属層と同一のものであっても、異なるものであってもよい。このように追加の電極層を設けることによって、さらに高分子アクチュエータの変位力を増大させることができる。

【0040】このようにして得られた本発明の高分子アクチュエータは、作動時に、イオン交換膜が含水状態である必要がある。ここで含水状態とは、アクチュエータが水中であっても、高湿度の大気中であっても作動することを意味する。

【0041】このような高分子アクチュエータの作動原理は、イオン交換樹脂成形品の表面に相互に絶縁状態で電位差がかかると、図3に示すようにイオン交換樹脂成形品中の+イオン6が陰極側に移動し、この+イオンに

伴われて水分子が膜内で移動するため、陽極側と陰極側とで水分量に差ができるためである。すなわち、+イオンに伴われて水分子が移動した陰極側において含水率が高まることにより膨潤して伸び、逆に、陽極側では含水率が低下するため、収縮し、それにより、イオン交換樹脂成形品が湾曲するからである。

【0042】このようにして得られた本発明の高分子アクチュエータは、電極間に0.1~3Vの直流電圧をかけると、数秒以内に素子長の0.5~3倍程度の変位を得ることができる。またこのような高分子アクチュエータは、水中で柔軟に作用することができる。

【0043】このような高分子アクチュエータを用いた応用例としては、たとえば図4に示す誘導体が挙げられる。この応用例においては、誘導体としてのガイドワイヤ11は、細長いたとえば合成樹脂やステンレス製のチューブからなる線状部材12と、この線状部材12の先端に接合した高分子アクチュエータ13とから構成されている。

【0044】アクチュエータ13は、やや細長い矩形平板状のイオン交換樹脂成形品14の両面に、本発明に係る方法で形成された一対の電極を有し、この電極15a、15bに電圧を印加することにより、高分子アクチュエータ13が2方向に湾曲するようになっている。

【0045】そして、この各電極15a、15bには、一対のリード線16a、16bの一端がそれぞれ電氣的に接合されている。この各リード線16a、16bは、線状部材12の内部に位置して該線状部材12の全長にわたって延び、各リード線16a、16bの他端は、操作制御部17に接続されている。

【0046】この操作制御部17には切換操作可能な操作レバー18が備えられ、この操作レバー18の操作にともなって、前記操作制御部17の内部に内蔵された2極双投スイッチ19を介して、電源20から前記一対のリード線16a、16bに流れる電流の方向が切り替えられるようになっている。

【0047】すなわち、図5において、2極双投スイッチ19が実線で示す位置にある時には、一方のリード線16aが+の電極に、他方のリード線16bが-の電極にそれぞれ接続され、2極双投スイッチ19が操作制御部17の操作レバー18の操作に伴って、中立位置から二点鎖線で示すように切り替えられると、今度は逆に、一方のリード線16aが-の電極に、他方のリード線16bに+の電極にそれぞれ接続されるようになっている。

【0048】このようにして、陽極および陰極を切替操作することにより、高分子アクチュエータ1を任意かつ積極的に変形させることができる。また、本発明に係る製造方法によれば、図6に示されるような円筒状の高分子アクチュエータ40を作製することもできる。

【0049】このような円筒状の高分子アクチュエータ

40では、まず、円筒状イオン交換樹脂成形品41に、前述したような方法で金属錯体を吸着させ、還元剤により該金属錯体を還元して、前記イオン交換樹脂成形品41表面に金属を析出させる。このような金属錯体の吸着・還元および金属の析出操作を繰り返して析出金属を成長させ、イオン交換樹脂成形品41表面から内部へと金属層を形成する。

【0050】次に、金属層がその外表面近傍に形成された円筒状イオン交換樹脂成形品41の表面に、レーザー加工装置からレーザー光を照射することによって、照射部分の金属層を除去して、溝形状の絶縁帯42および複数の相互に電気的に絶縁された金属電極43a、43b、43c、43dを形成する。

【0051】図6に示す高分子アクチュエータは、この各金属電極43a、43b、43c、43dに、リード線44a、44b、44c、44dの一端をそれぞれ電気的に接続し、イオン交換樹脂成形品41を挟んで互いに対向する電極43aと43c、43bと43dに電圧を印加することにより、4方向に湾曲することができ、しかもこの湾曲の方向を組み合わせて、回転できるようにしている。

【0052】なお、このような金属電極はイオン交換樹脂成形品の内周面に設けられていてもよく、また内周面、外周面の双方に設けられていてもよい。

【0053】

【実施例】以下、本発明について実施例に基づき説明するが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。

【0054】

【実施例1】膜厚140 μ mの膜状フッ素樹脂系イオン交換樹脂成形品（イオン交換容量1.4meq/g）に、#800のアルミナ粒子で表面粗化を行った後、下記(1)～(3)の工程を2サイクル繰り返して実施し、イオン交換樹脂成形品表面へ金電極を形成させた。

【0055】(1)吸着工程

フェナントリン金塩化物水溶液に24時間浸漬し、成形品内にフェナントリン金錯体を吸着させる。

【0056】(2)析出工程

亜硫酸ナトリウムとNaOHを含む水溶液中で、吸着したフェナントリン金錯体を還元して、イオン交換樹脂成形品表面に金電極を形成させる。このとき、水溶液の温度を60～80℃とし、亜硫酸ナトリウムを徐々に添加しながら、6時間フェナントリン金錯体の還元を行う。

【0057】(3)洗浄工程

表面に金電極が形成したイオン交換樹脂成形品を取り出し、70℃の水で1時間洗浄する。

【0058】得られた金電極が形成されたイオン樹脂成形品を、1.0mm×20mmの大きさに切断したものを試験片として、表面抵抗を測定した。また、試験片の表・裏の両電極を介して電圧を印加（0.1Hz、2.0Vの方形波）し

て、変位量を測定した。なお、曲げ変位量は、図7に示すように試験片の一方から8mmの位置を白金板で挟んで、水中に保持し、かつ白金板からリード線をのばし、ポテンシオスタットを介して試験片の両端の金電極に印加することで行った。変位量は固定端から10mmの位置の変位をレーザー変位計を用いて測定した。

【0059】得られた試験片の変位量は2.0mmであり、表面抵抗は10 Ω であった。

【0060】

【実施例2】前記(1)～(3)の工程を3サイクル繰り返した以外は実施例1と同様にして、試験片を作製し、評価した。

【0061】その結果、得られた試験片の変位量は3.2mmであり、表面抵抗は5 Ω であった。

【0062】

【実施例3】前記(1)～(3)の工程を4サイクル繰り返した以外は実施例1と同様にして、試験片を作製し、評価した。

【0063】その結果、得られた試験片の変位量は3.7mmであり、表面抵抗は2 Ω であった。

【0064】

【実施例4】前記(1)～(3)の工程を5サイクル繰り返した以外は実施例1と同様にして、試験片を作製し、評価した。

【0065】その結果、得られた試験片の変位量は3.9mmであり、表面抵抗は1 Ω であった。

【0066】

【実施例5】前記(1)～(3)の工程を6サイクル繰り返した以外は実施例1と同様にして、試験片を作製し、評価した。

【0067】その結果、得られた試験片の変位量は4.2mmであり、表面抵抗は1 Ω であった。

【0068】

【実施例6】前記(1)～(3)の工程を7サイクル繰り返した以外は実施例1と同様にして、試験片を作製し、評価した。

【0069】その結果、得られた試験片の変位量は4.5mmであり、表面抵抗は0.5 Ω であった。

【0070】

【実施例7】前記(1)～(3)の工程を8サイクル繰り返した以外は実施例1と同様にして、試験片を作製し、評価した。

【0071】その結果、得られた試験片の変位量は5.0mmであり、表面抵抗は0.5 Ω であった。

【0072】

【実施例8】前記(1)～(3)の工程を9サイクル繰り返した以外は実施例1と同様にして、試験片を作製し、評価した。

【0073】その結果、得られた試験片の変位量は5.3mmであり、表面抵抗は0.5 Ω であった。

【0074】

【実施例9】前記(1)～(3)の工程を10サイクル繰り返した以外は実施例1と同様にして、試験片を作製し、評価した。

【0075】その結果、得られた試験片の変位量は5.5mmであり、表面抵抗は0.5Ωであった。

【0076】

【比較例1】上記(1)～(3)の工程を繰り返さない以外は実施例1と同様にして、試験片を作製し、評価した。

【0077】その結果、得られた試験片の変位量は2.0mmであり、表面抵抗は10Ωであった。以上の結果から、上記(1)～(3)の工程の繰り返す回数が多くなるほど、変位量が大きく、かつ表面抵抗の小さい高分子アクチュエータが得られることがわかった。特に、繰り返し回数が4～9回であるとき、変位量および表面抵抗におよぼす効果が大きくなることがわかった。

【0078】

【発明の効果】本発明に係る構成で金属電極を形成することによって、さらにイオン交換樹脂成形品内部に金属の析出が進み、イオン交換樹脂成形品と金属電極との接触面積がさらに増大する。これにより、電極活性点が増え、電極へ移動するイオンも増加する。このような高分子アクチュエータでは、イオンに伴われて水分子が電極に移動して、移動側の電極近傍で含水率が増大して、成形品が膨潤することによって伸び、一方、移動側と反対側の電極近傍では含水率が低下して収縮する。このため、電極へ移動するイオンが増加すると、このイオンに伴われて電極に移動する水分子も増えるので、電極間での含水率の差がさらに大きくなり、湾曲率、すなわち変位量が大きくなる。また、金属電極の厚みが大きくなるので、電極の表面抵抗が低下して電極の導電率が向上するため、応答が速くなる。

【0079】したがって、本発明は上記のような構成であるので、構造が簡単で、小型化が容易であり、応答が速く、変位量が大きく、小電力で作動することが可能な高分子アクチュエータを得ることができる。

【0080】したがって、本発明に係る高分子アクチュエータをマイクロデバイスの案内部材本体の先端部に接合すると、操作制御部による操作によって、任意かつ積極的に湾曲(変形)させることができるので、案内部材本体の先端部に接続した、ハサミ、鉗子、スネア、レーザメス、スパチュラなどのマイクロサージェリーの医療器具、各種センサー、工具などのマイクロデバイスの誘導性能を向上することができ、これによって、目的部位へ任意の方向に向けることができ、その操作が熟練を要

することなく、迅速かつ容易に行うことができる。

【0081】従って、このようなマイクロデバイスおよびそれを備えたマイクロマシンを、例えば、眼球手術、腹腔鏡下手術、微少血管縫合手術などのマイクロサージェリー技術においてピンセット、ハサミ、鉗子、スネア、レーザメス、スパチュラ、クリップなどの医療器具に適用すれば、検査や治療時における患者に与える苦痛を極力和らげ、患者に対する肉体的、精神的負担を低減することができる。

【0082】また、このようなマイクロデバイスおよびそれを備えたマイクロマシンを、発電設備等のプラント、航空機エンジン等の機械システムの配管系統やエンジン内部等の検査、補修等を行う各種センサーや、補修用工具などに適用すれば、補修作業に手間や時間を要せず、確実に行うことが可能となる。

【0083】また、本発明に係る高分子アクチュエータは、上記以外に、高周波振動によるマイクロポンプ、リハビリ用補助動力マッサージ器などの健康器具、湿度計、湿度計コントロール装置、ソフトマニピュレータ、水中バルブ、ソフト運搬装置などの工業用機器、金魚および海草などの水中モビル、動く釣り餌および推進ヒレなどのホビー用品などにも好適に使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る製造方法で得られた高分子アクチュエータの電圧無印加状態の概略断面図である。

【図2】本発明に係る製造方法で得られた高分子アクチュエータの一実施例を示す概略図である。

【図3】本発明に係る製造方法で得られた高分子アクチュエータの電圧印加状態の概要断面図である。

【図4】本発明に係る製造方法で得られた高分子アクチュエータの応用例を示す概要図である。

【図5】図4の要部を拡大して示す模式図である。

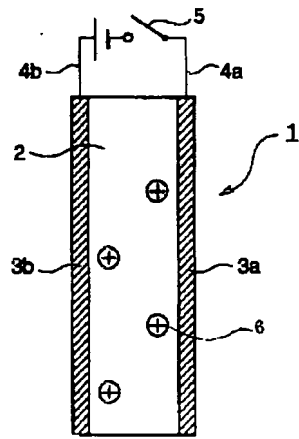
【図6】本発明に係る製造方法で得られたさらに別の高分子アクチュエータの実施例を示す概略図である。

【図7】実施例1～9および比較例1で測定する変位量の測定原理を示す概略図である。

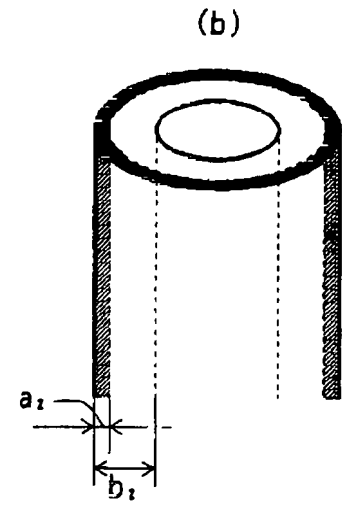
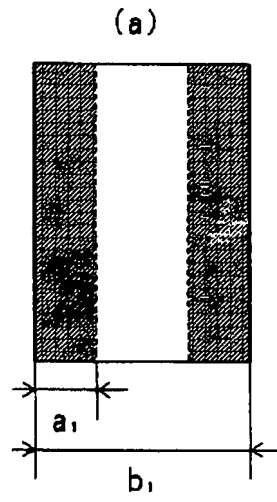
【符号の説明】

- 1 高分子アクチュエータ
- 2 イオン交換樹脂成形品
- 3, 3 a, 3 b 電極
- 4, 4 a, 4 b リード線
- 5 電源
- 6 イオン

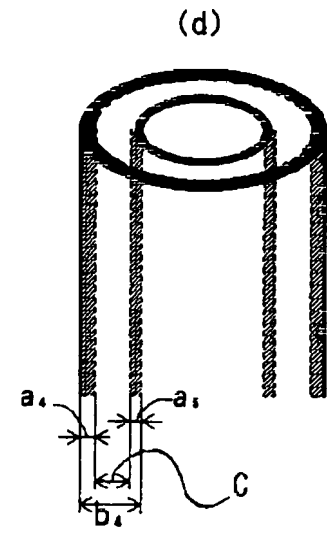
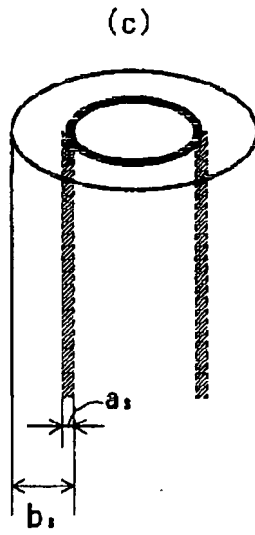
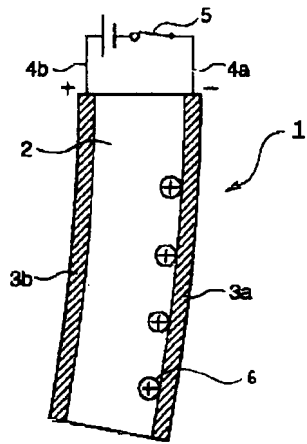
【図1】



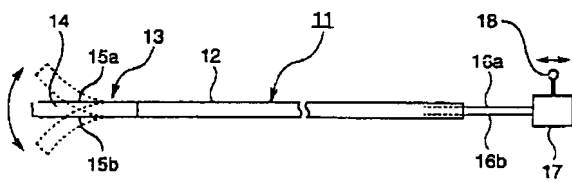
【図2】



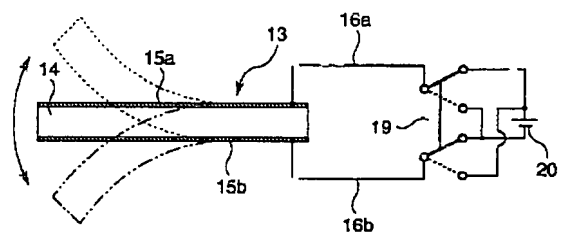
【図3】



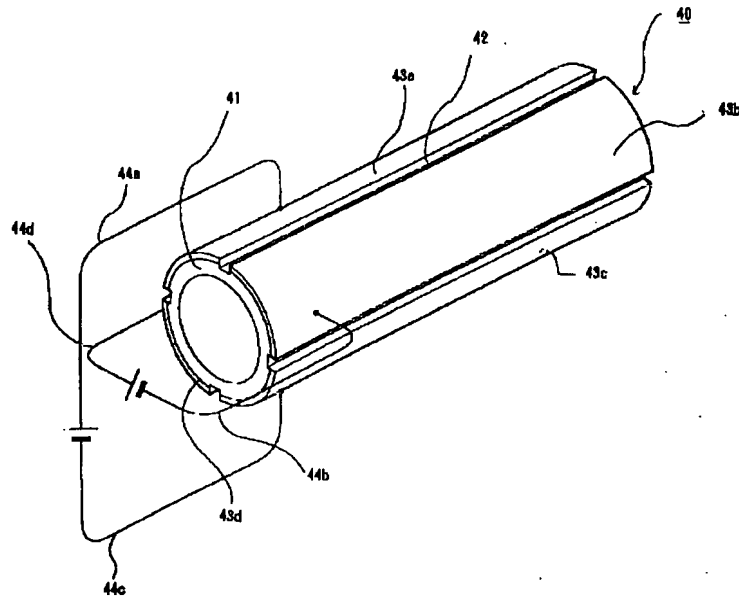
【図4】



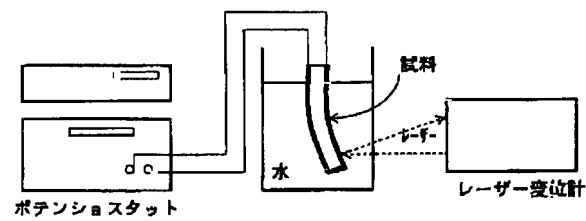
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 小 黒 啓 介
大阪府池田市緑丘1丁目8番31号 工業技
術院大阪工業技術研究所内

(72)発明者 大 西 和 夫
兵庫県尼崎市武庫之荘東1丁目26-10-
304

(72)発明者 瀬 和 信 吾
神奈川県足柄上郡中井町井ノ口2806-4